

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
24. Juli 2003 (24.07.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/061084 A1(51) Internationale Patentklassifikation⁷: H01S 3/083,
3/067, G01B 9/02, G02F 1/11prospekt Nauki 46, Kiev-39, 03650 (UA). SHORE, Bruce,
W. [US/US]; 618 Escondido Circle, Livermore, CA 94550
(US). BONNET, Gerhard [DE/DE]; Cottbuser Weg 16,
68309 Mannheim (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE03/00106

(22) Internationales Anmeldedatum:
16. Januar 2003 (16.01.2003)(74) Anwalt: PIETRUK, Claus, Peter; Heinrich-Lilien-
fein-Weg 5, 76229 Karlsruhe (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (*national*): AE, AG, AL, AM, AT
(Gebrauchsmuster), AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY,
BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ (Gebrauchsmuster),
CZ, DE (Gebrauchsmuster), DE, DK (Gebrauchsmuster),
DK, DM, DZ, EC, EE (Gebrauchsmuster), EE, ES, FI (Ge-
brauchsmuster), FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID,
IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT,
LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO,
NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK (Ge-
brauchsmuster), SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 04 879.7 19. Januar 2002 (19.01.2002) DE

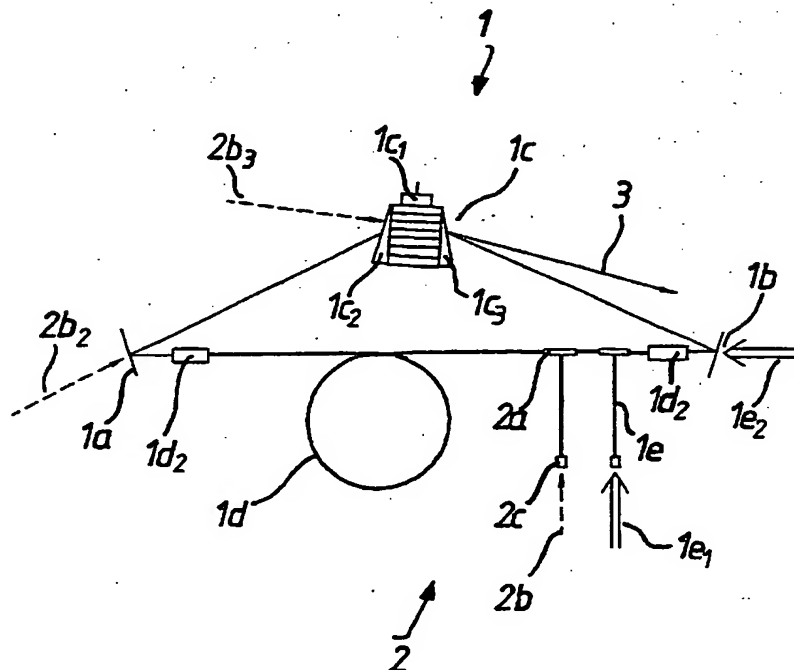
(71) Anmelder und

(72) Erfinder: BERGMANN, Klaas [DE/DE]; Carlo Schmid
Strasse 67, 67663 Kaiserslautern (DE). YATSENKO,
Leonid, P. [UA/UA]; Ukrainian Academy of Sciences,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR MEASURING DISTANCE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ENTFERNMUNGSMESSUNG

(57) Abstract: The invention relates to a frequency-shifted feedback radiation source, equipped with an element for increasing the
beat intensity of the emission frequency component.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 03/061084 A1



(84) **Bestimmungsstaaten** (*regional*): ARIPO-Gebrauchsmuster (GH), ARIPO-Patent (GH), ARIPO-Gebrauchsmuster (GM), ARIPO-Patent (GM), ARIPO-Gebrauchsmuster (KE), ARIPO-Patent (KE), ARIPO-Gebrauchsmuster (LS), ARIPO-Patent (LS), ARIPO-Gebrauchsmuster (MW), ARIPO-Patent (MW), ARIPO-Gebrauchsmuster (MZ), ARIPO-Patent (MZ, SD, SL), ARIPO-Gebrauchsmuster (SZ), ARIPO-Patent (SZ), ARIPO-Gebrauchsmuster (TZ), ARIPO-Patent (TZ), ARIPO-Gebrauchsmuster (UG), ARIPO-Patent (UG), ARIPO-Gebrauchsmuster (ZM), ARIPO-Patent (ZM), ARIPO-Gebrauchsmuster (ZW), ARIPO-Patent (ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,

DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Titel: Verfahren und Vorrichtung zur Entfernungsmessung

Beschreibung

5

Die vorliegende Erfindung betrifft das oberbegrifflich Beanspruchte und befasst sich somit mit frequenzverschoben rückgekoppelten Strahlungsquellen und deren Einsatz bei der Messung von Entfernungen.

10

Es ist seit langem bekannt, Entfernungen optisch zu messen. Neben Echolot-artigen Messungen, bei denen kurze Lichtimpulse ausgesendet und die Zeit bis zum Empfang rückgestreuter oder reflektierter Impulse gemessen wird, sind unter anderem interferometrische Verfahren bekannt.

15

Bei interferometrischen Verfahren wird ein Lichtstrahl in einen Referenzlichtstrahl und einen Objektlichtstrahl aufgespalten. Der Objektlichtstrahl wird auf ein Objekt eingestrahlt und von diesem rückempfungen. An einem Lichtempfänger werden dann die Referenz- und Objektlichtstrahlen überlagert und es wird dann aus dem Überlagerungssignal geschlossen, wie weit das Objekt entfernt ist. Dieses Vorgehen erlaubt je nach Anordnung hochpräzise Messungen; allerdings bereitet die Tiefenmessung bei ausgedehnten Objekten an verschiedenen Stellen Schwierigkeiten.

20

25

30

Es ist weiter bekannt, Entfernungsmessungen mit Frequenzhub-Rückkopplungslasern beziehungsweise frequenzverschobene Rückkopplungslaser (Frequency-Shifted-Feedback-Laser, FSF-Laser) vorzunehmen. Beispiele für den FSF-Laser sind zu finden in den Aufsätzen von F.V. Kowalski, P.D. Hale und S.J. Shattil

„Broadband continuous-wave lasers“, Opt. Lett. 13, 622 (1988) sowie P.D. Hale und F.V. Kowalski „Output characteristics of a frequency shifted feedback laser: theory and experiment“ IEE J. Quantum Electron. 26, 1845 (1990) sowie von K. NAKAMURA, T. MIYAHARA, M. YOSHIDA, T. HARA und H. ITO „ A new technique of optical ranging by a frequency-shifted feedback laser“, IEEE Photonics Technology Letters, Band 10, 1998, Seiten 1772 ff. Ein Beispiel für die Verwendung solcher Laser zur Entfernungsmessung ist detailliert beschrieben in dem Aufsatz „Observation of a highly phase-correlated chirped frequency comb output from a frequency-shifted feedback laser“ von K. NAKAMURA, T. MIYAHARA und H. ITO, Applied Physics Letters, Band 72, Nr. 21, Seiten 2631 ff. sowie in dem Aufsatz „Spectral Characteristics of an All Solid-State Frequency -Shifted Feedback Laser“ von K. NAKAMURA, F. ABE, K. KASAHARA, T. HARA, M. SATO und H. ITO in IEEE-JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, Band 33, Seiten 103 ff. Es sei weiter hingewiesen auf I.C.M. Littler, S. Balle und K. Bergmann „The cw modelless laser: spectral control, performance data and build-up dynamics“ Opt. Commun. 88, 514 (1992) sowie S. Balle, F.V. Kowalski und K. Bergmann „Frequency shifted feedback dye laser operating at small frequency shift“ Opt. Commun. 102, 166 (1993) sowie G. Bonnet, S. Balle, Th. Kraft und K. Bergmann „Dynamics and self-modelocking of a Titanium-Sapphire laser with intracavity frequency shift“ Opt. Commun. 123, 790 (1996). Die drei letztgenannten Dokumente charakterisieren FSF-Laser nach dem Stand der Technik weiter. Diese Dokumente sind durch Bezugnahme ebenso wie die DE 100 45 535 zu Offenbarungszwecken vollumfänglich eingegliedert. Kurz läßt sich das Prinzip Entfernungsmessung mit einem FSF-Laser, der in seinem Resonator neben dem Verstärkungsmedium einen akustooptischen Modulator enthält, wie folgt darstellen: Eine Licht-

verstärkung von in das Verstärkungsmedium einlaufenden Lichtwellen findet nur für jene Frequenzen statt, bei denen die Verstärkung größer als 1 ist. Bei allen anderen Frequenzen wird das Licht wie üblich abgeschwächt. Der optische Resonator hat nun, ähnlich wie eine schwingende Saite bevorzugte Frequenzen, sogenannte Resonatormoden. Jede Resonatormode hat eine bestimmte Frequenz, das heißt, sie entspricht Licht exakt bestimmter Wellenlänge. Jene Resonatormoden, bei denen die Verstärkung des verstärkenden Mediums größer als 1 ist, werden nun bevorzugt emittiert.

Dies ist prinzipiell das Verhalten eines Lasers ohne akustooptischen Modulator. Wird nun der akustooptische Modulator erregt, entsteht durch die Materialschwingung ein bewegtes Gitter unterschiedlich dichter Stellen; an diesem Dichtegitter wird das im Resonator umlaufende Licht gebeugt, wobei eine Wechselwirkung der Lichtphotonen mit den die Dichteschwingung des akustooptischen Modulators charakterisierenden Phononen auftritt, was die Frequenz des gebeugten Lichtes um die Erregungsfrequenz des akustooptischen Modulators verschiebt. Dies führt dazu, dass die Lasermode sich mit der Zeit geringfügig in der Frequenz verschieben, sich also die Frequenz einer Mode mit der Zeit ändert; wenn mehr als eine Mode vorliegt, gilt dies aber für alle Moden, die im Resonator anschwingen. Es versteht sich dabei, dass, je nachdem, wie weit oberhalb der Verstärkung 1 das Verstärkungsprofil verläuft, die Intensitäten der einzelnen anschwingenden Moden unterschiedlich sind und dass sich die Modenintensität mit der Frequenz ändert. Es ist auch einsichtig, dass die Frequenzen sich dabei für alle Moden in gleicher Weise mit der Zeit ändern. Mit anderen Worten wird Licht, das zu unterschiedlichen Zeiten emittiert wird, unterschiedliche Frequenzen besitzen.

Laufen nun an einem Ort wie einem Detektor Lichtstrahlen ein, die über unterschiedlich lange optische Wege eingestrahlt werden, also auch zu unterschiedlichen Zeiten aus dem Laser
5 emittiert wurden, so muss eine Frequenzdifferenz zwischen beiden vorliegen. Diese Frequenzdifferenz kann als Schwebungsfrequenz auf einem photoempfindlichen Element detektiert werden. Aus der Schwebungsfrequenz kann auf die Weglänge geschlossen werden.

10

Detaillierter ist die bekannte Meßanordnung in den oben unter Bezug genommenen Dokumenten beschrieben.

In der Praxis hat sich nun gezeigt, dass die Signale am Meß-
15 empfänger stark verrauscht sind. Ist der Abstand, der zu bestimmen ist, fest, wäre ohne Rauschen im Schwebungsfrequenzspektrum eine einzelne scharfe Linie erkennbar. In der Realität zeigt sich jedoch, dass statt dessen mit FSF-Lasern eine sehr breite Struktur anstelle einer scharfen Linie erhalten
20 wird, die die Qualität der erhaltenen Messung massiv beeinträchtigt.

Es ist wünschenswert, die vorbekannten Anordnungen und Verfahren so zu verändern, dass die Verwendbarkeit erhöht werden
25 kann.

Die Aufgabe dieser Erfindung besteht darin, Neues für die gewerbliche Anwendung bereitzustellen.

30 Die Lösung dieser Aufgabe wird in unabhängiger Form beansprucht. Die vorliegende Erfindung schlägt somit in einem ersten Grundgedanken eine frequenzverschoben rückgekoppelte

Strahlungsquelle vor, bei welcher ein Mittel zur Emissionsfrequenzkomponentenschwebungsintensitätserhöhung vorgesehen ist.

- 5 Es wurde demnach zunächst erkannt, dass die in der Interpretation des Standes der Technik vorherrschende Annahme, die von einzelnen Moden des frequenzverschobenen Lasers stammenden Schwebungsanteile würden sich addieren, so nicht zutrifft; sie löschen sich vielmehr aus. Überraschenderweise
- 10 beruht das im Stand der Technik mit FSF-Lasern erzielbare Signal nämlich wohl darauf, dass im Betrieb der bekannten Laser Rauschen, also Fluktuation von Intensität und/oder Phase auftritt, die verhindert, dass eine - theoretisch tatsächlich bei genauerer Analyse zu erwartende - vollständige Aus-
- 15 lösung der zueinander kohärenten Frequenzkomponenten, wie sie anderenfalls auftreten würde, auftritt. Bei Messungen mit FSF-Lasern nach dem Stand der Technik bedingtes Rauschen scheint demnach keine Folge des Rauschens des Lasers, sondern die eigentlichen Messsignale selbst sind es, die erst durch
- 20 das Rauschen des Lasers, also dessen inhärente Fluktuationen, bedingt sind.

Ausgehend von dieser Erkenntnis wird vorgeschlagen, dass an der Strahlungsquelle Mittel zur Erhöhung der Intensität der

25 Schwebung von Frequenzkomponenten der emittierten Strahlung vorgesehen sind.

In einer bevorzugten Variante kann vorgesehen sein, dass die Mittel zur Emissionsfrequenzkomponentenschwebungsintensitäts-

30 erhöhung als Mittel zur nichtstochastischen Emissionsfrequenzkomponentenschwebungsintensitätserhöhung ausgebildet sind; sie werden also eine Intensitätserhöhung über jene be-

dingen, die durch Spontanemission insbesondere im Verstärkungsmedium bewirkt ist.

Typisch wird eine Injektionslichtquelle vorgesehen sein, die
5 Licht in die Strahlungsquelle injiziert, also ein Seed-
Strahlungsfeld dort bereitstellt. Alternativ dazu wäre es
auch möglich, eine vollständige Auslöschung von Frequenzkom-
ponenten über das durch Spontanemission im stationären Be-
triebszustand bedingte Maß hinaus zu stören, indem etwa das
10 Pumplicht moduliert wird, was jedoch typisch aufgrund der Ni-
veaulebensdauern usw. weniger bevorzugt ist, oder etwa
schnelle Verlustmechanismen im Verstärkermedium selbst zu
bewirken. Das Vorsehen einer Injektionslichtquelle ist jedoch
deshalb besonders vorteilhaft, weil es eine baulich einfache
15 Möglichkeit darstellt, durch welche eine Vielzahl vorteilhaf-
ter Ausführungen realisierbar sind.

In einer besonders bevorzugten Variante handelt es sich bei
der Injektionslichtquelle um einen Injektionslaser. Dessen
20 Strahlung kann in den Resonator insbesondere in und/oder auf
das Verstärkungsmedium der frequenzverschoben rückgekoppelten
Strahlungsquelle geführt sein.

Bevorzugt wird es, wenn die Injektionslichtquelle Licht bei
25 einer Wellenlänge emittiert, die nahe an jener liegt, bei der
die Verstärkung des Verstärkungsmediums der frequenzverscho-
benen rückgekoppelten Strahlungsquelle bei 1 liegt; es kann
dabei wahlweise nahe der oberen und/oder unteren Schwellwel-
lenlänge eingestrahlt werden. Die Frequenz der injizierten
30 Lichtstrahlung wird dabei typisch innerhalb des Bereiches
liegen, bei dem die Verstärkung G größer 1 ist und nicht au-
ßerhalb. Bei sehr nahe an der Schwelle injizierter Seed-

Strahlung und insbesondere Modulation derselben kann diese Schwelle aber insbesondere temporär überschritten werden. Es wäre aber stets bevorzugt, die Einstrahlfrequenz so zu wählen, dass nach einigen Resonatorumläufen spätestens eine Verstärkung erfolgt.

Es ist bevorzugt, wenn die Injektionslichtquelle Strahlung schmalbandig emittiert, wobei Schmalbandigkeit bezogen wird auf die Verstärkungsbandbreite des Verstärkungsmediums der frequenzverschobenen rückgekoppelten Strahlungsquelle. Schmalbandig kann hier eine Breite nicht größer also 5%, bevorzugt nicht über 1% der Verstärkungsbandbreite sein. In einer besonders bevorzugten Variante wird ein Single-Mode Injektionslaser mit exakt definierter, modulierbarer Frequenz und/oder Amplitude für die Injektion verwendet.

Die Injektionslichtstrahlung wird bevorzugt bezüglich der Intensität und/oder der Phase variiert. Es kann diese Variation etwa durch eine reguläre Modulation, also vorgegebenen Gesetzmäßigkeiten gehorchenden oder Begrenzungen unterworfenen Modulation von Intensität und/oder Phase erfolgen, die allerdings nicht zwingend ebenmäßig sein muss.

Besonders bevorzugt ist es, wenn die Modulation nicht konstant ist, sondern wenn die Intensität und/oder die Phase der Modulation der Injektionslichtstrahlung mit der Zeit variiert, was besonders günstig auf periodische Weise erfolgt. Bevorzugt wird insbesondere, wenn die Frequenz der Intensitätsmodulation linear innerhalb bestimmter Intervalle geändert wird, weil eine lineare Variation der Modulationsfrequenz der Injektionslichtstrahlung eine Auswertung von erhal-

tenen Schwebungssignalen insbesondere zur Distanzbestimmung signifikant vereinfacht.

Wenn eine Modulation der aus der Injektionslichtquelle emittierten Strahlung bezüglich Phase und/oder Intensität vorgenommen wird, so ist es bevorzugt, wenn die Frequenz dieser Modulation nahe jener liegt, welche sich ergibt aus der sogenannten Chirprate und der Distanz, welche mit der Strahlungsquelle momentan bestimmt wird. Die Chirprate ist dabei gegeben aus der Frequenz des akustooptischen oder anderen Modulators innerhalb der frequenzverschoben rückgekoppelten Strahlungsquelle bezogen auf die Umlaufzeit der Strahlung im Resonator dieser Quelle.

Es sei erwähnt, dass es sich bei der Strahlungsquelle typisch um einen frequenzverschoben rückgekoppelten Laser handeln wird. Dieser kann insbesondere in infraroten, insbesondere in augensicheren Bereichen arbeiten. Die für Telekommunikationsgeräte besonders preisgünstig verwendbaren und technologisch gut erschlossenen Wellenlängenbereiche sind auch für Zwecke der vorliegenden Erfindung anwendbar, was die Möglichkeit eröffnet, auf preiswert verfügbare Elemente beim Aufbau von Anordnungen und Vorrichtungen zurückzugreifen.

Es ist einsichtig, dass die beschriebene erfindungsgemäße Strahlungsquelle in einer Entfernungsmessanordnung verwendbar ist. Es kann dazu eine Strahlaufweitungsoptik vorgesehen sein, die die Strahlung aus der frequenzverschoben rückgekoppelten Strahlungsquelle so weit aufweitet, dass eine zu untersuchende Fläche breit angeleuchtet beziehungsweise ausgeleuchtet wird und es ist dann ein Mittel vorzusehen, um aus dem Schwebungsspektrum aus der Rückstreuung der Fläche direkt

Höhenprofilinformation zu gewinnen. Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, Objektteilbereiche anzustrahlen und von diesen Informationen über Distanzen zu gewinnen.

5 Die Erfindung wird nun im Folgenden nur beispielsweise anhand der Zeichnung beschrieben. In dieser zeigt:

Fig. 1 einen schematischen Aufbau einer erfindungsgemäßen frequenzverschoben rückgekoppelten Strahlungsquelle;

10

Fig. 2 die Frequenzvariation einer einzelnen Lasermode bei linearem Chirp über der Zeit;

Fig. 3 die synchrone Variation aller Komponenten (Moden) einer Strahlungslichtquelle mit frequenzverschobener Rückkopplung gemäß der vorliegenden Erfindung;

15

Fig. 4 das Frequenzspektrum eines FSF-Lasers bei gegebener Verstärkungskurve (oben im Bild);

20

Fig. 5 einen schematischen Aufbau für eine Distanzmessung mit einer Anordnung gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 6 eine Grauskaladarstellung eines Schwebungsfrequenzspektrums, wie es aus dem Stand der Technik erhaltbar ist, mit positionsunabhängigen Artefakt-Strukturen und einer schwachen, als schräg durch das Bild laufender Streifen erkennbaren Messsignalstruktur;

25

30 Fig. 7 ein Beispiel für ein Schwebungsfrequenzsignal in Abhängigkeit von einer Seed-Strahlungsfrequenzmodulation.

Nach Fig. 1 umfasst eine allgemein als 1 bezeichnete frequenzverschoben rückgekoppelte Strahlungsquelle 1 ein Mittel 2 zur Emissionsfrequenzkomponentenschwebungsintensitätserhöhung.

Die frequenzverschoben rückgekoppelte Strahlungsquelle 1 ist im vorliegenden Beispiel ein Ringlaser mit frequenzverschobener Rückkopplung. Der Ringresonator des Ringlasers 1 ist gebildet durch zwei hochreflektierende Spiegel 1a, 1b und einen akustooptischen Modulator 1c, dem ein Piezoelement 1c1 als Aktuator und Ein- und Ausgangsprismen 1c2, 1c3 zugeordnet sind und der so im Resonatorring angeordnet ist, dass die nullte Beugungsordnung, dargestellt als Strahl 3 auskoppelbar ist, während die erste Beugungsordnung das im Resonator umlaufende Licht führt. Der akustooptische Modulator 1c ist so gewählt, dass sich Beugungseffizienten von mehr als 90% für die in bekannter Weise durch die akustooptische Modulation frequenzverschobene erste Beugungsordnung ergeben. Die Geometrie ist weiter so gewählt, dass die dem akustooptischen Modulator 1c zugeordneten Prismen 1c2, 1c3 bezüglich ihrer Dispersion kompensiert werden und dennoch ein kompakter Aufbau möglich ist.

Zwischen den beiden hochreflektierenden Spiegeln 1a und 1b ist ein Fasermedium 1d angeordnet, dem Faserein- und auskoppungsoptiken 1d1 und 1d2 zugeordnet sind. In die Faser wird aus einem hier als Diodenlaser (nicht gezeigt) ausgebildeten Punktlaser Energie eingestrahlt, so dass sie als Verstärkungsmedium verwendet werden kann. Die Einkopplung erfolgt an einer Faserweiche 1c1. Bei der dargestellten Faser handelt es sich um eine herkömmliche Ytterbium-Faser mit einer großen

nutzbaren Verstärkungsbandbreite von hier zum Beispiel wenigstens 70 nm im Spektralbereich um 1,2 μm ; derartige Elemente sind aus dem Bereich der optischen Telekommunikation problemfrei verfügbar, genauso wie andere, gleichfalls verwendbare Anordnungen, beispielsweise Faserlaser auf der Basis von YAG bei 1,06 μm mit einigen nm Bandbreite oder etwa Erbium bei 1,5 μm verwendbar wären.

Die Anordnung des FSF-Laser, wie sie bis hierhin beschrieben wurde, ist im wesentlichen herkömmlich. Es sind nun Mittel zur Emissionsfrequenzkomponentenschwebungsintensitätserhöhung vorgesehen. Dazu ist eine Faserweiche 2a vorhanden, über welche in die Faser Injektionslicht, angedeutet bei 2b, über eine Einkoppeloptik 2c einkoppelbar ist. Das Injektionslicht 2b stammt aus einem Injektionslaser (nicht gezeigt), der seinerseits bezüglich seiner Amplitude und der Phase des optischen Trägers in zeitlich veränderlicher Weise modulierbar ist. Der Injektions- beziehungsweise Seed-Laser emittiert Strahlung, deren Wellenlänge dicht an der Stelle $G=1$ des Verstärkungsprofils des FSF-Ringlasers 1 beziehungsweise der Faser 1d liegt, vergleiche Fig. 4, wo im oberen Teil des Bildes das Verstärkungsprofil als durchgezogene Linie eingezeichnet ist, zusammen mit der Verstärkungsschwelle 1, die horizontal eingezeichnet ist und wobei die optische Trägerfrequenz des Seed-Lasers als vertikale, strichpunktierte Linie eingetragen ist.

Es sei zugleich erwähnt, dass statt und/oder neben einer Einkopplung über eine Faserweiche 2a auch eine Einkopplung eines Injektionslichtstrahles durch einen der hochreflektierenden Spiegel möglich wäre, wie beim Spiegel 1a durch Strahl 2b2 angedeutet, und/oder eine Einkopplung erfolgen könnte in den

akustooptischen Modulator hinein, wie durch Pfeil 2b3 angedeutet. Der Vollständigkeit halber sei hier auch angedeutet, dass das hier vom Injektionslicht verschiedene Pumplicht nicht nur, wie bei 1e1 angedeutet, über eine Faserweiche in
5 die verstärkende Faser 1d vom Pumplichtstrahl 1e1 einkoppelbar ist, sondern zum Beispiel etwa über die hochreflektierenden Spiegel eine Pumplichteinkopplung möglich ist, wie durch Strahl 1e2 nahe des Spiegels 1b angedeutet.

10 Die Anordnung wird betrieben wie folgt:

Es wird Pumplicht auf die Faser 1d eingestrahlt, so dass sich darin eine den Laserbetrieb ermöglichende Inversion ergibt. Dann wird der Piezotreiber 1c1 des akustooptischen Modulators
15 in Schwingung versetzt, so dass der Ring des frequenzverschobenen Rückkopplungslasers geschlossen wird. Licht, das nun aus der Faser emittiert wird, kann nun über den Spiegel 1a, durch das Prisma 1c2 und den akustooptischen Modulator 1c1 und das Prisma 1c3 laufen. Der überwiegende Teil dieses Lichtes
20 wird dabei entsprechend der hohen Beugungseffizienz des akustooptischen Modulators gelenkt auf den Spiegel 1b1 und wird in die Faser 1d eingestrahlt.

Durch den Durchlauf durch den akustooptischen Modulator 1c
25 ändert sich zugleich die Frequenz des Lichtes. Das Licht, das mit einer vorgegebenen Frequenz am Spiegel 1a in Richtung auf den akustooptischen Modulator gelaufen ist, wird also mit einer verschobenen Frequenz beziehungsweise Wellenlänge am anderen hochreflektierenden Spiegel 1b eintreffen. Dieses Licht
30 mit verschobener Frequenz wird in der Faser 1d verstärkt, läuft wiederum über den Spiegel 1a unter weiterer Frequenzverschiebung durch den akustooptischen Modulator 1c auf den

Spiegel 1b, usw. Dies führt dazu, dass sich die Frequenz bei jedem Durchlauf verschiebt. Die Geschwindigkeit, mit der sich die Frequenz ändert, hängt von der Zeit ab, die das Licht für einen Umlauf benötigt, und davon, wie stark die Frequenzverschiebung im akustooptischen Modulator ist. Die Verschiebung erfolgt für alle Komponenten beziehungsweise Moden, die im Resonator verstärkbar sind, in gleicher Weise, so dass der Frequenzkamm, den die Moden des FSF-Lasers darstellen, allmählich verschoben werden und zwar auf synchrone Weise. Es liegt ein sogenannter „Chirp“ vor. Dies ist in Fig. 3 dargestellt, während Fig. 2 die Variation der Frequenz bei gegebenem, linearen Chirp darstellt.

Es wird nun dieses Licht zur Entfernungsmessung verwendet. Nur beispielhaft wird dies für eine Interferometeranordnung erörtert, wie in Fig. 5 dargestellt, in der die erfindungsgemäße Lichtquelle 1, ein Strahlteilerelement 4 im Auskoppelstrahl 3 der Lichtquelle 1, ein Referenzweg 6 zu einer Referenzfläche 6' und ein Messweg 7 zu einem Messobjekt 7' dargestellt sind, wobei die Strahlen vom Referenzobjekt 6' und vom Messobjekt 7' zu einem Detektor 5 geführt sind.

Die Situation, die sich in einer solchen Anordnung vor Inbetriebnahme der Seed-Quelle am Detektor ergibt, kann aus Bild 6 ersehen werden. Dort ist in einer Grauskaladarstellung das Schwebungsfrequenzspektrum für eine Laseranordnung als Funktion der Wegdifferenz ΔL der Arme 6 und 7 der Messanordnung dargestellt. In der Grauskaladarstellung sind zunächst positionsunabhängige, also mit der Wegdifferenz ΔL nicht variierende und somit im Bild horizontal verlaufende Linien zu erkennen, die durch einen Stehwellenanteil im akustooptischen Modulator bedingt sind und sich nach der Resonatorumlaufzeit

wiederholen. Weiter ist das eigentliche Messsignal stark verrauscht zu erkennen, das diagonal als dunkler Streifen durch das Bild läuft.

- 5 Nun wird die Injektionslichtquelle in Betrieb genommen, und zwar bei einer Trägerfrequenz nahe am oberen Bereich der Verstärkungskurve, das heißt gerade noch innerhalb jenes Bereiches, bei dem die Verstärkung größer als 1 ist. Die optische Trägerfrequenz, die vertikal gestrichelt eingezeichnet ist,
10 wird moduliert, und zwar im vorliegenden Beispiel amplitudenmoduliert, wobei die Modulation selbst auch nicht konstant ist, sondern mit einer Frequenz variiert, die näherungsweise bestimmt ist aus der sogenannten Chirprate, das heißt der Frequenzverschiebung pro Resonatorumlauf dividiert durch die
15 Resonatorumlaufzeit und weiter bestimmt ist durch die Lichtlaufzeit längs der Wegdifferenz ΔL zwischen Messstrahlweg und Referenzstrahlweg beim Aufbau von Fig. 5. Die Modulationsfrequenz des Injektionslichtes wird also nicht konstant gehalten, sondern um diesen sogenannten Signaturwert variiert, das
20 heißt um jenen Wert, der sich aus der Chirprate und ΔL ergibt durch die Formel

$$\Delta \nu = \alpha \times \Delta L \times c^{-1}$$

- 25 wobei c die Lichtgeschwindigkeit ist. Um diese Signaturfrequenz herum wird die Modulationsfrequenz verändert und zwar bevorzugt linear-sägezahnförmig. Es ergibt sich dann eine Intensität am Detektor, wie sie in Fig. 7 dargestellt ist. Es zeigt sich, dass ein sehr deutlich ausgeprägter, scharfer Intensitätspeak des Schwebungssignals erhalten werden kann, also das Signal sehr wenig verrauscht ist und insbesondere ein
30 geringeres Rauschen und damit eine präzisere Messung aufweist

als im Stand der Technik bislang möglich. Wesentlich ist, dass die Injektionsstrahlungsmodulation und die Schwebungsfrequenzintensität eng miteinander verbunden sind und ein Schwebungsfrequenzintensitätsmaximum dann erreicht wird, wenn
5 die Injektionsmodulationsfrequenz der für eine gegebene Wegdifferenz erwarteten Frequenz unter Berücksichtigung der Chirprate entspricht.

Dies wird zur Zeit begründet wie folgt: Durch die Injektion
10 der Strahlung des Injektionslasers am Rand des Verstärkungsbereiches werden im Resonator Moden in den Schritten $\Delta\nu_{AOM}$ über die gesamte Verstärkungsbandbreite verschoben, so dass der Laser sich nicht in ein stationäres, praktisch rauschfreies Gleichgewicht begeben kann, zu welchem er anson-
15 sten neigen würde. Es scheint demnach so zu sein, dass das herkömmliche Bild über das Zustandekommen des Schwebungsspektrums inkorrekt ist und tatsächlich in einem rauschfreien Fall die Intensität einer Schwebung verschwindend wäre.

Es ist nun feststellbar, dass die Strukturbreite der erhaltenen Signalstruktur bestimmt wird durch die Verstärkungsbandbreite, also eine hohe Bandbreite der Strahlungslichtquelle mit frequenzverschobener Rückkopplung, das heißt des FSF-
20 Lasers, zu einer guten räumlichen Auflösung führt. Da überdies die Entfernungsmessungsgenauigkeit im wesentlichen durch die Chirpgröße bestimmt ist, ist es wünschenswert, eine große Frequenzverschiebung durch den akustooptischen Modulator und eine geringe Laserresonatorlänge des FSF-Laserresonators zu
25 wählen.

30 Es ist feststellbar, dass bei einer Entfernungsmessung und, gegebenenfalls bei sukzessiven Entfernungsmessungen in einem

bestimmten Zeitabstand, auch bei Geschwindigkeits- und/oder Beschleunigungsmessungen sehr hohe Genauigkeiten erzielbar sind, die im wesentlichen nur von der Treiberfrequenzkonstanz des akustooptischen Modulators abhängen, sowie der Laserresonatorlängenstabilitäten der Messzeit. Darüber hinaus sind lediglich Größen wie die Genauigkeit der Schwebungsfrequenzbestimmung zu berücksichtigen. Es ist einsichtig, dass systematisch Auflösungen und Genauigkeiten um 10^{-6} - 10^{-8} erzielbar sind. Durch das wesentlich verbesserte Signalrauschverhältnis ist es auch möglich, mit sehr geringen Leistungen Messungen durchzuführen, da nur ein hochfrequenter Anteil im detektierten Signal als Schwebung nachgewiesen nachgewiesen werden muss und dies überdies bei bekannten oder näherungsweise bekannten Frequenzen.

15

Patentansprüche

1. Frequenzverschoben rückgekoppelte Strahlungsquelle,
dadurch gekennzeichnet, dass ein Mittel zur Emissionsfre-
5 quenzkomponentenschwebungsintensitätserhöhung vorgesehen
ist.
2. Frequenzverschoben rückgekoppelte Strahlungsquelle nach
dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass
10 das Mittel zur Emissionsfrequenzkomponentenschwebungs-
intensitätserhöhung als Mittel zur nichtstochastischen Emis-
sionsfrequenzkomponentenschwebungsintensitätserhöhung aus-
gebildet ist.
- 15 3. Frequenzverschoben rückgekoppelte Strahlungsquelle nach
einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeich-
net, dass das Mittel zur Emissionsfrequenzkomponenten-
schwebungsintensitätserhöhung eine Injektionslichtquelle
umfasst.
- 20 4. Frequenzverschoben rückgekoppelte Strahlungsquelle nach
dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass
die Injektionslichtquelle einen Injektionslaser umfasst.
- 25 5. Frequenzverschoben rückgekoppelte Strahlungsquelle nach
einem der Ansprüche 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass
die Injektionslichtquelle zur Injektion von Strahlung in
den Resonator der frequenzverschoben rückgekoppelten
Strahlungsquelle ausgebildet ist, insbesondere zur Ein-
30 strahlung auf das Verstärkungsmedium derselben.

6. Frequenzverschoben rückgekoppelte Strahlungsquelle nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Injektionslichtquelle zur Emission von Strahlung einer Strahlungsfrequenz nahe der oberen oder unteren Verstärkungsschwelle ($G=1$) ausgebildet ist.

7. Frequenzverschoben rückgekoppelte Strahlungsquelle nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Injektionslichtquelle zur Einstrahlung von Injektionslicht bezogen auf die Verstärkungsbandbreite der frequenzverschoben rückgekoppelten Strahlungsquelle schmalbandig ist, insbesondere eine Breite unter 5%, bevorzugt unter 1 % der Bandbreite der Verstärkung der frequenzverschoben rückgekoppelten Strahlungsquelle aufweist.

8. Frequenzverschoben rückgekoppelte Strahlungsquelle nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Injektionslichtquelle zur Einstrahlung von bezüglich Intensität und/oder Phase des optischen Trägers ausgebildet ist.

9. Frequenzverschoben rückgekoppelte Strahlungsquelle nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Injektionslichtquelle zur regulären Modulation von Intensität und/oder Phase des Injektionslichtes ausgebildet ist.

10. Frequenzverschoben rückgekoppelte Strahlungsquelle nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Injektionslichtquelle dazu ausgebildet ist, eine mit der Zeit veränderliche, insbesondere periodische Modulation von Intensität und/oder Phase vorzunehmen.

11. Frequenzverschoben rückgekoppelte Strahlungsquelle nach einem der Ansprüche 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Injektionslichtquelle so ausgebildet ist, dass
5 zumindest zeitweise eine lineare Modulationsfrequenzvariation stattfindet.
12. Frequenzverschoben rückgekoppelte Strahlungsquelle nach einem der Ansprüche 8 oder 11, dadurch gekennzeichnet,
10 dass die Injektionslichtquelle dazu ausgebildet ist, eine Modulation in der Größenordnung und/oder nahe um die durch eine mit der Strahlungsquelle zu bestimmende Distanz und die aus der frequenzverschoben rückgekoppelten Strahlungsquelle gegebene Chirprate erhalten wird, liegt.
- 15 13. Frequenzverschoben rückgekoppelte Strahlungsquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die frequenzverschobene rückgekoppelte Strahlungslichtquelle ein Laser ist.
- 20 14. Frequenzverschoben rückgekoppelte Laser nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine resonatorinterne optische Faser vorgesehen ist.
- 25 15. Entfernungsmessanordnung mit einer Strahlungslichtquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche.
- 30 16. Entfernungsmessanordnung nach dem vorherigen Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass eine Strahlungsoptik dergestalt vorgesehen ist, dass eine zu untersuchende Fläche mit Licht aus der Strahlungsquelle breit ausgeleuchtet

wird und ein Mittel vorgesehen ist, um ein Höhenprofilinformation enthaltendes Schwebungsspektrum zu erhalten.

17. Entfernungsmessanordnung nach einem der vorhergehenden
5 Entfernungsmessanordnungsansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Optik vorgesehen ist, um Strahlung aus der Strahlungslichtquelle auf einen definierten Objektteilbereich zu richten.
- 10 18. Verfahren zum Betrieb einer frequenzverschoben rückgekoppelten Strahlungslichtquelle, dadurch gekennzeichnet, dass die Schwebungsintensität der Frequenzkomponenten der emittierten Strahlung über jene hinaus erhöht wird, die im stationären Betriebszustand durch Spontanemission erziel-
15 bar ist.

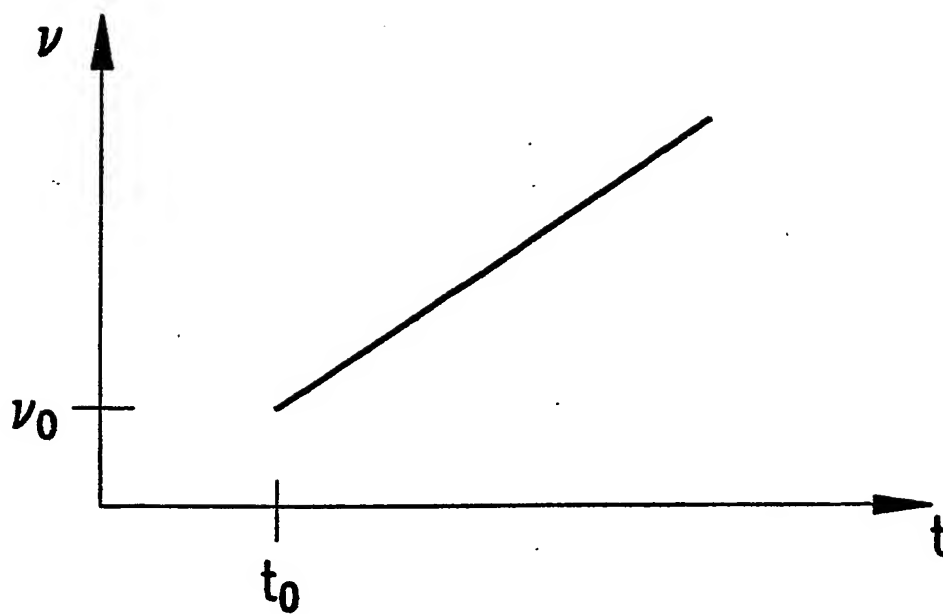


FIG. 2

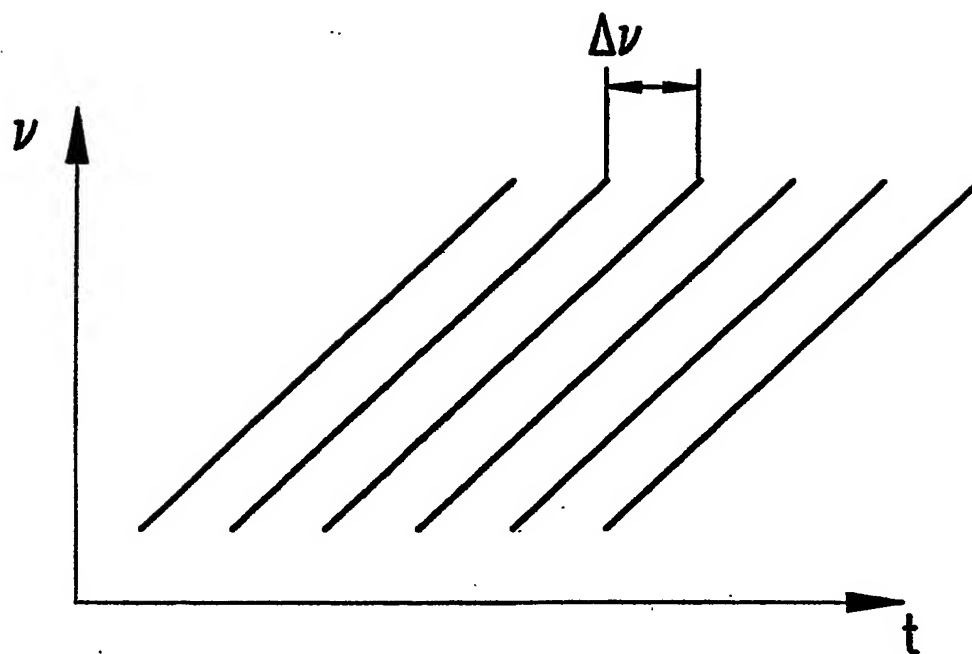


FIG. 3

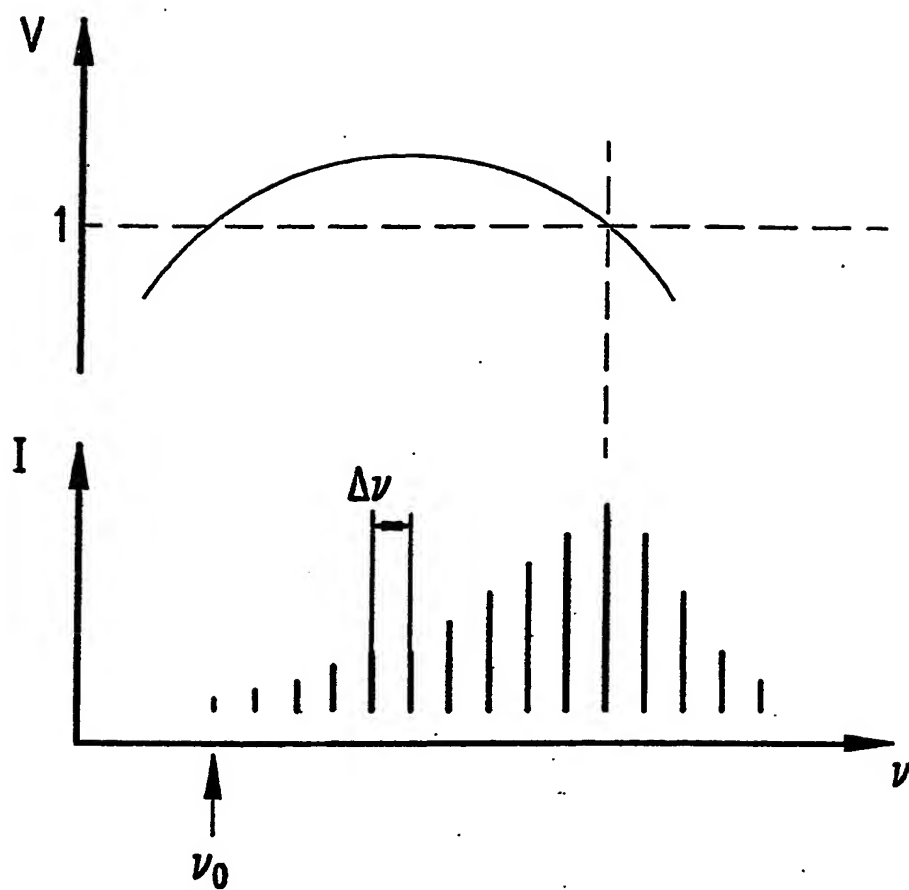


FIG. 4

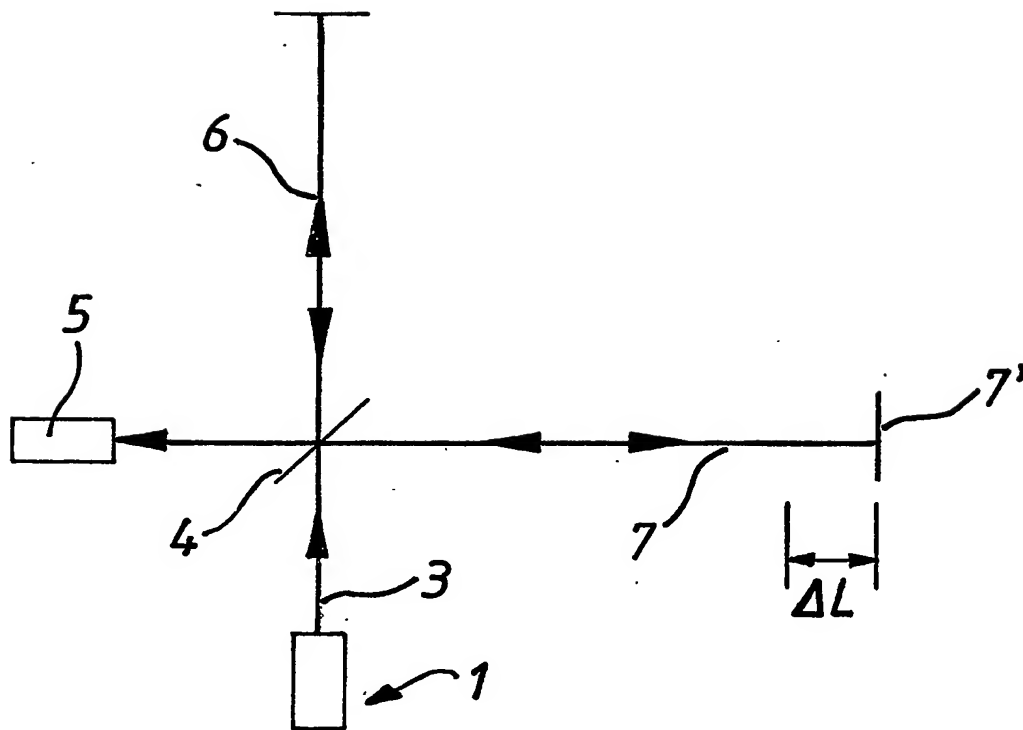


FIG. 5

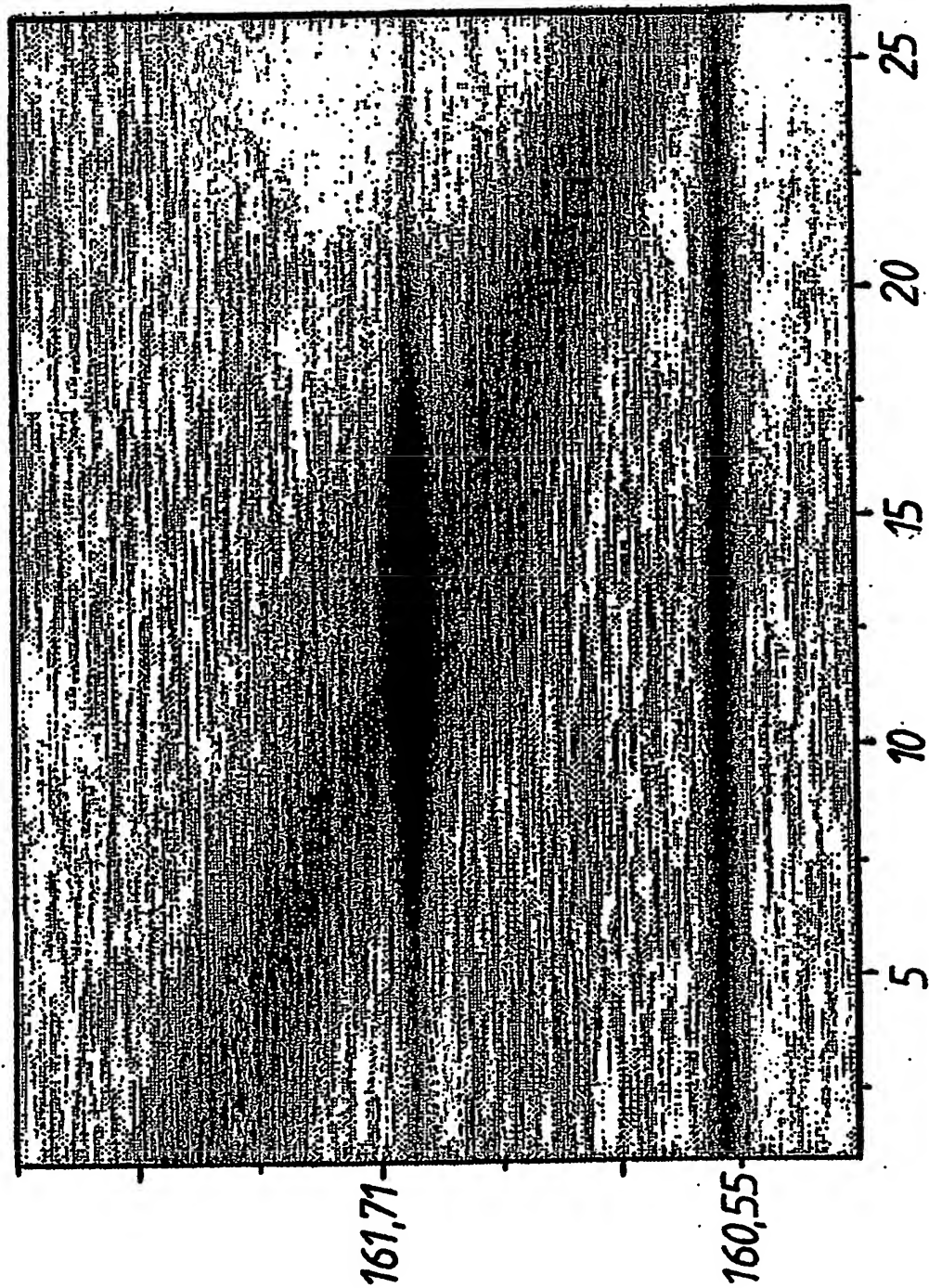


FIG. 6

BEST AVAILABLE COPY

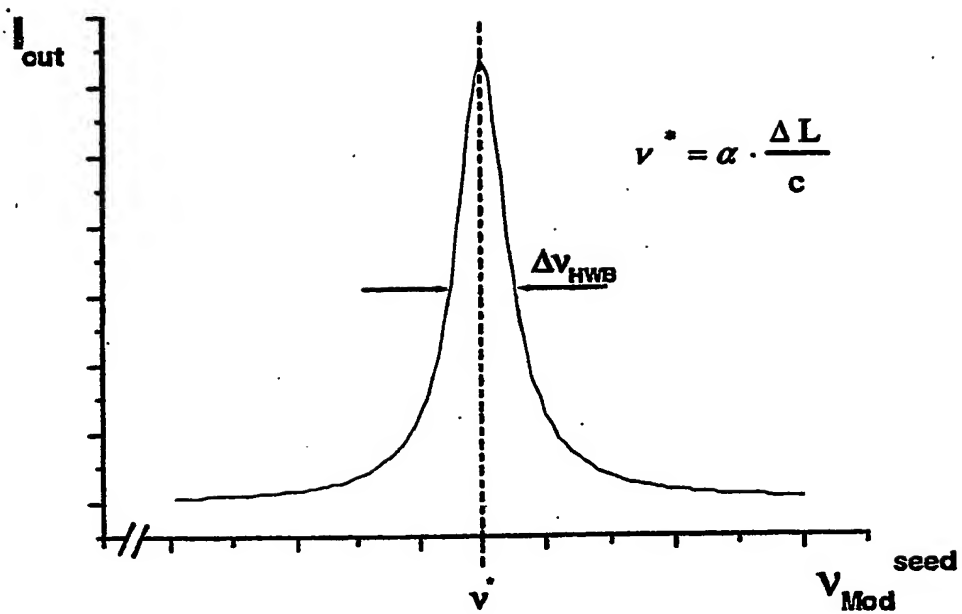


FIG. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 In  Application No
 PCT/DE 03/00106

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01S3/083 H01S3/067 G01B9/02 G02F1/11

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01S G01B G02F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 01 61302 A (JAPAN SCIENCE & TECH CORP ;NAKAMURA KOICHIRO (JP); ITO HIROMASA (J) 23 August 2001 (2001-08-23) abstract ---	1-8
P,A	EP 1 258 718 A (JAPAN SCIENCE & TECH CORP) 20 November 2002 (2002-11-20) column 2, line 3 -column 4, line 18 ---	1-18
A	US 4 579 417 A (IH CHARLES C) 1 April 1986 (1986-04-01) column 3, line 41 -column 4, line 62 ---	1-18
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2002, no. 05, 3 May 2002 (2002-05-03) & JP 2002 005614 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD), 9 January 2002 (2002-01-09) abstract ---	1-18
	--- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 June 2003

Date of mailing of the international search report

03 JUL 2003

Name and mailing address of the ISA

 European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

FREDRIK WAHLIN/JA A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Application No
PCT/DE 03/00106

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 06, 22 September 2000 (2000-09-22) & JP 2000 081374 A (ITO HIROMASA), 21 March 2000 (2000-03-21) abstract</p> <p>-----</p>	1-18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

Application No
PCT/DE 03/00106

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 0161302	A	23-08-2001	JP 2001228053 A EP 1258718 A1 WO 0161302 A1	24-08-2001 20-11-2002 23-08-2001
EP 1258718	A	20-11-2002	JP 2001228053 A EP 1258718 A1 WO 0161302 A1	24-08-2001 20-11-2002 23-08-2001
US 4579417	A	01-04-1986	US 4768852 A	06-09-1988
JP 2002005614	A	09-01-2002	NONE	
JP 2000081374	A	21-03-2000	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 H01S3/083 H01S3/067 G01B9/02 G02F1/11

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01S G01B G02F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie ^a	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 01 61302 A (JAPAN SCIENCE & TECH CORP ;NAKAMURA KOICHIRO (JP); ITO HIROMASA (J) 23. August 2001 (2001-08-23) Zusammenfassung ---	1-8
P,A	EP 1 258 718 A (JAPAN SCIENCE & TECH CORP) 20. November 2002 (2002-11-20) Spalte 2, Zeile 3 -Spalte 4, Zeile 18 ---	1-18
A	US 4 579 417 A (IH CHARLES C) 1. April 1986 (1986-04-01) Spalte 3, Zeile 41 -Spalte 4, Zeile 62 ---	1-18
	--- -/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

^a Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

11. Juni 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

03 JUL 2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

FREDRIK WAHLIN/JA A

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2002, no. 05, 3. Mai 2002 (2002-05-03) & JP 2002 005614 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD), 9. Januar 2002 (2002-01-09) Zusammenfassung ---	1-18
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 06, 22. September 2000 (2000-09-22) & JP 2000 081374 A (ITO HIROMASA), 21. März 2000 (2000-03-21) Zusammenfassung -----	1-18

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 0161302 A	23-08-2001	JP 2001228053 A	24-08-2001
		EP 1258718 A1	20-11-2002
		WO 0161302 A1	23-08-2001
EP 1258718 A	20-11-2002	JP 2001228053 A	24-08-2001
		EP 1258718 A1	20-11-2002
		WO 0161302 A1	23-08-2001
US 4579417 A	01-04-1986	US 4768852 A	06-09-1988
JP 2002005614 A	09-01-2002	KEINE	
JP 2000081374 A	21-03-2000	KEINE	